

10

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-055284

(43)Date of publication of application : 20.02.2002

(51)Int.Cl.

G02B 21/06

G02B 5/00

G02B 6/00

(21)Application number : 2001-183690

(71)Applicant : LEICA MICROSYSTEMS  
HEIDELBERG GMBH

(22)Date of filing : 18.06.2001

(72)Inventor : BIRK HOLGER  
STORZ RAFAEL

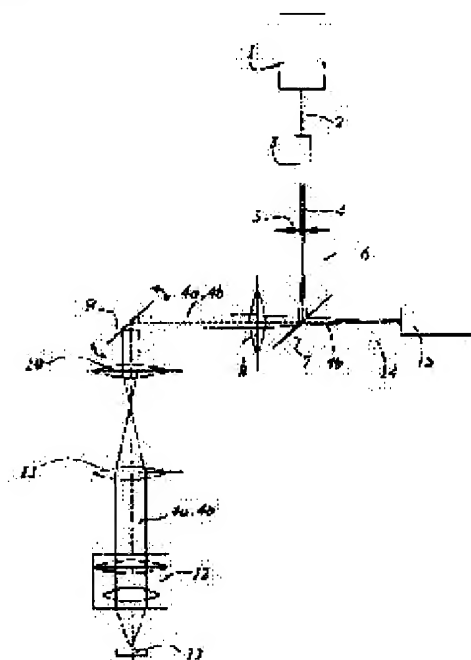
(30)Priority

Priority number : 2000 10030013  
2001 10115509Priority date : 17.06.2000  
29.03.2001Priority country : DE  
DE(54) DEVICE FOR INSPECTING MICROSCOPE PREPARAT WITH SCANNING MICROSCOPE  
AND ILLUMINATION DEVICE OF SCANNING MICROSCOPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an illumination device of a scanning microscope which allows the use of a spectral range where addressing is heretofore infeasible.

SOLUTION: An optical element (3) which spectrally diffuses the light produced by a laser (1) during the first passage is disposed between the laser (1) and an optical means (12).





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザー (1) と、レーザー (1) によって生じた光を被検査対象物である試料 (13) に結像させる光学的手段 (12) とを備えた、顕微プレパラートを検査するための走査顕微鏡において、レーザー (1) と光学的手段 (12) の間に、レーザー (1) によって生じた光を、最初の通過時にスペクトル拡散させる光学要素 (3, 20) が設けられていることを特徴とする走査顕微鏡。

【請求項 2】 光学要素 (3, 20) がフォトニックバンドギャップ材からなっていることを特徴とする、請求項 1 に記載の走査顕微鏡。

【請求項 3】 光学要素 (3, 20) が、先細り部 (53) を有する光ファイバー (23) として構成されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の走査顕微鏡。

【請求項 4】 光学要素 (3, 20) の下流側に、少なくとも 1 つの波長または少なくとも 1 つの波長範囲の光を減衰および (または) 絞るための手段 (16, 18 および (または) 23, 24) が配置されていることを特徴とする、請求項 1 から 3 までのいずれか一つに記載の走査顕微鏡。

【請求項 5】 光出口穴を有するレーザー (1) を備えた走査顕微鏡の照明装置において、光出口穴に、フォトニックバンドギャップ材からなる光学要素 (3, 20) が取り付けられていることを特徴とする照明装置。

【請求項 6】 光学要素 (3, 20) が光ファイバー (20) として構成され、先細り部を有していることを特徴とする、請求項 5 に記載の照明装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、顕微プレパラートを走査顕微鏡で検査する装置に関する。特に本発明は、顕微プレパラートを走査顕微鏡で検査する装置において、走査顕微鏡が、レーザーと、レーザーによって生じた光を被検査対象物である試料に結像させる光学的手段とを備えた前記装置に関する。走査顕微鏡は共焦点顕微鏡として構成されていてもよい。さらに本発明は、走査顕微鏡の照明装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 走査顕微鏡では、試料は光線で走査される。このため、光源としてレーザーを使用することが多い。たとえば、欧州特許第 0495930 号公報に記載の「マルチバンド蛍光用共焦点顕微鏡システム」では、複数のレーザー光線を放出するレーザーを 1 個配置することが知られている。しかし最近では主に混合ガスレーザー、特に ArKr レーザーが使用される。

【0003】 ダイオードレーザーおよび固体レーザーも使用される。"Confocal Microscope"なる発明の名称の米国特許第 5161053 号公報から知られている共焦

点顕微鏡では、外部の光源の光はガラスファイバーにより顕微鏡の光路へ伝送され、ガラスファイバーの端部が点光源として用いられるため、機械的な絞りを必要としない。

【0004】 放射スペクトルは狭い波長範囲に限定されているため、マルチラインを同時に励起するには、複数のレーザーの光を 1 つの照明光路に統合せねばならない。マルチラインとして通常用いられるガスレーザーは非常に構成が複雑で、高価である。さらに保守が頻繁に必要であり、顕微鏡への多くの適用例において継続使用が難しい。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の課題は、マルチラインレーザーを使用せずに、複数のスペクトル線での試料検査を可能にする走査顕微鏡を提供することである。

【0006】 本発明の他の課題は、従来アドレス化が不可能であった他のスペクトル範囲を使用できる走査顕微鏡の照明装置を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

【0007】 本発明は、上記課題を解決するため、走査顕微鏡においては、レーザーと、レーザーによって生じた光を被検査対象物である試料に結像させる光学的手段とを備えた、顕微プレパラートを検査するための走査顕微鏡において、レーザーと光学的手段の間に、レーザーによって生じた光を、最初の通過時にスペクトル拡散させる (spektral verbreitern) 光学要素が設けられていることを特徴とするものである。

【0008】 また、前記照明装置においては、光出口穴を有するレーザーを備えた走査顕微鏡の照明装置において、光出口穴に、フォトニックバンドギャップ材からなる光学要素が取り付けられていることを特徴とするものである。

【0009】 「フォトニックバンドギャップ材」の形態の光学要素の利点は、ファイバーの光学的に非線形的な構成により、短いレーザーパルスが拡散され、よってスペクトル幅の広い、連続的な光スペクトルが生じることである。「フォトニックバンドギャップ材」とは、微細構造の透明な材料である。主に種々の誘電体をつなぎ合わせることで、得られた結晶に光子用のバンド構造が刻設されている。

【0010】 最近では、この技術は光ファイバーでも実現される。光ファイバーは、構造化を考慮して配置されたガラス管またはガラスブロックから引き抜くことによって製造できる。光ファイバーには特殊な構造が存在する。すなわち、繊維方向に小さなカニューレが自由に存在し、これらのカニューレはほぼ 2-3 μm の間隔で、径は約 1 μm であり、ほとんど空気で充填されている。ファイバーの中心にはカニューレは存在しない。この種の

ファイバーは「photon crystal fibers」、「holey fibers」、「microstructured fibers」として知られている。

【0011】「photon crystal fibers」は、可視波長範囲全体にわたって連続的なスペクトル分布を得るために使用できる。このため、短パルスレーザーが光ファイバーにカップリングされる。光ファイバーが光学的に非線形な構成であるので、レーザーの周波数スペクトルが拡散する。スペクトル幅の広い、連続的な光スペクトルが生じる。

【0012】走査顕微鏡の有利な構成では、光学要素は、多数の微小光学構造要素から構成され、これらの微小光学構造要素は少なくとも2つの異なる光学密度を有している。特に有利な実施形態では、光学要素は第1の領域と第2の領域を有し、第1の領域は均質な構造を持ち、第2の領域内には、微小光学構造要素からなる顕微構造が形成されている。さらに、第1の領域が第2の領域を取り囲んでいるのが有利である。微小光学構造要素は、有利にはカニューレ、細条片、ハニカム体、管片または中空空間である。

【0013】他の構成では、光学要素は互いに並設されたガラス材またはプラスチック材と中空空間からなっている。特に有利な変形実施形態では、光学要素はフォトニックバンドギャップ材からなり、光ファイバーとして構成されている。この場合、光ファイバーの端部でのレーザー光線の逆反射を抑制する光ダイオードをレーザーと光ファイバーの間に設けるのが有利である。

【0014】特に有利で、簡単に実現される変形実施形態によれば、光学要素として、ファイバーコアを備えた従来の光ファイバーが使用され、この光ファイバーは少なくとも一部に沿って先細り部を有している。この種の光ファイバーは、いわゆるテーパファイバーとして知られている。有利には、光ファイバーが全体で1mの長さで、30mmないし90mmの長さで先細り部を有しているのがよい。ファイバーの径は、有利な構成では、先細り部の領域外では150 $\mu$ m、この領域でのファイバーコアの径はほぼ8 $\mu$ mである。先細り部の領域でのファイバーの径はほぼ2 $\mu$ mに縮小されている。これに対応して、ファイバーコアの径はナノメートルの範囲である。

【0015】顕微鏡に使用するためには、波長を選択し、光パワーを安定させる手段を組み込む必要がある。それゆえ、このようなファイバーレーザーを、電子光学的に調整可能なフィルタ(AOTF)、音響光学的または電子光学的検出器(AOD)および音響光学的または電子光学的ビームスプリッター(AOBS)と組み合わせるのが有利である。これらは波長を選択するためにも、検出光を絞るためにも使用することができる(本出願人による出願、ドイツ連邦共和国特許公開第19906757A1号公報「光学装置」を参照)。

【0016】特に共焦点顕微鏡においては、ファイバー

出口端部を点光源として利用でき、これにより励起絞りを使用せずに済む。この種の構成においては、ファイバー自体を部分的に反射性を持つようにコーティングして、この部分反射部が共振器エンドミラーを形成するようにするのが特に有利である。

【0017】他の実施形態では、光パワーの変動を補正する装置が設けられている。たとえば、光パワーを安定させるための制御ループを組み込んでよく、制御ループは顕微鏡の光路内で光パワーを測定し、たとえばポンプ光パワーを変化させることにより、或いは音響光学的または電子光学的要素を用いて、試料照明光パワーを一定に保持する。この目的のため、LCD減衰器を使用してもよい。

【0018】本発明の他の有利な構成によれば、照明装置は、複数のスペクトル範囲を照明用に提供するように構成されている。走査顕微鏡の照明装置であるレーザーの光出口端部には光学要素が固定されている。この光学要素はフォトニックバンドギャップ材からなっている。さらにフォトニックバンドギャップ材は光ファイバーとして構成されてよい。

20 【0019】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施形態を添付の図面を用いて詳細に説明する。図1は共焦点顕微鏡を示すもので、光学要素3を、パルスレーザー1から発生したレーザーパルスの伝播に使用する。レーザーパルス1はパルス化されたレーザー光線2を決定し、パルス化されたレーザー光線2は光学要素3によって案内される。光学要素3はフォトニックバンドギャップ材である。光学要素3からはスペクトル広帯域照明光4が出力され、照明光4は第1の光学系5によって照明ピンホール6に結像され、その後ビームスプリッター7に当たる。スペクトル広帯域照明光4はビームスプリッター7から、平行光線4aを生じさせる第2の光学系8に達し、平行光線4aはスキャンミラー9に当たる。スキャンミラー9の下流側には複数の光学系10と11が配置され、これらの光学系は平行光線4aを整形する。平行光線4aは対物レンズ12に達し、対物レンズ12によって試料13に結像する。試料から反射または送出した光は観察光路4bを決定する。観察光路4bの光は再び第2の光学系8を通過し、検出器15の前に着座している検出ピンホール14に結像する。光学要素3により、試料13の検査に必要なレーザー光を所望のスペクトルに応じて生じさせることが可能である。

【0020】図2に図示した共焦点顕微鏡の実施形態では、照明ピンホール6が設けられていない。図1の構成要素と一致する構成要素にはすべて同じ符号が付してある。この実施形態では、第1の光学系5の代わりにAOTF(acousto optical tunable filter)16が使用され、AOTF16は対応するAOTF制御器17に接続されている。光学要素3は広帯域照明光4を生じさせることができるので、波長を選択し、光パワーを安定させる手段を設ける

必要がある。有利には、音響光学的または電子光学的に調整可能なフィルタ（AOTF）を、音響光学的または電子光学的検出器（AOD）および音響光学的または電子光学的ビームスプリッター（AOBS）と組み合わせるのがよい。音響光学的または電子光学的検出器（AOD）および音響光学的または電子光学的ビームスプリッター（AOBS）は波長を選択するためにも、検出光を絞るためにも使用することができる。さらにAOTF 16には、照明光のうち使用されなかった成分を捕獲して、走査顕微鏡を不必要に妨害しないようにするビームパン18が付設されている。

【0021】図3は、本発明の他の実施形態を示すものである。この実施形態では、光学要素3の代わりに光ファイバー20が使用される。光ファイバー20はフォトニックバンドギャップ材からなっている。パルスレーザ1によりパルス化されたレーザ光線2は、光学系19を介して光ファイバー20の入口端20aにカップリングされる。光ファイバー20はフォトニックバンドギャップ材からなっているため、出口端20bからはスペクトル拡散されたレーザパルスが放出され、光学系21を介してデカップリングされる。スペクトル拡散されたレーザパルスが照明ピンホール6に当たる前に、スペクトルフィルタリングを行なう。このため複数のカラーフィルタ24がレボルバー23上に配置されている。モータ22によりレボルバー23を回転させることができるので、適当なカラーフィルタ24を光路内へ挿入させることができる。カラーフィルタ24を直線的に配置してもよく、この場合カラーフィルタ24は直線運動により照明光路50内へ移動する。照明ピンホール6の後の照明光路50は図1の光路に対応している。すでに図1で述べたように、ビームスプリッター7は光をスキャンミラー9へ誘導する。光の一部はビームスプリッター7を通過し、損失光路50aを決定する。光のこの成分は観察または測定のために損失したものである。この理由から損失光路50a内には検出器25が設けられ、検出器25は損失光を決定し、これから、ケーブル30により電子制御器26へ誘導される電子量を求める。電子制御器26は他のケーブル32を介してパルスレーザ1に接続されている。電子制御器26はケーブル32を介してパルスレーザ1の強度を制御し、すなわち試料13に常に一定の光パワーが当たるように制御する。たとえば、光パワーを安定させるための制御ループを設けて、顕微鏡の光路内の光パワーを寄生的に測定し、たとえばポンプ光パワーを変化させることにより、或いは音響光学的または電子光学的要素を用いて、試料照明光パワーを一定に保持するようにしてよい。このためにLCD減衰器を使用してもよい。

【0022】図4は光学要素3の実施形態を示している。この実施形態では、光学要素3は従来の光ファイバー51からなっており、その外径は125μmで、ファ

イバーコア52を備えている。ファイバーコア52の内径は6μmである。300mmの長さの先細り部53の領域において光ファイバー51の外径は1.8μmに縮小されている。この領域でのファイバーコア52の径はマイクロメートルの数分の一にすぎない。

【0023】図5は光学要素3の実施形態を示している。光学要素3はフォトニックバンドギャップ材からなり、特殊なハニカム状微細構造54を有している。図示したハニカム構造は、広帯域光の生成に特に適している。内側のカニューレ55の径は約1.9μmである。内側のカニューレ55はガラス細条片56によって取り囲まれている。ガラス細条片56はハニカム状の中空空隙57を形成している。これらの微小光学構造要素は協働して第2の領域58を形成しており、第2の領域58は、ガラス被覆部として実施されている第1の領域59によって取り囲まれている。

【0024】以上本発明を特定の実施形態に関して説明したが、本願の特許請求の範囲の権利保護範囲を逸脱することなく、種々の変更および改変を行なってもよいことは言うまでもない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】共焦点顕微鏡を備えた本発明による装置を示す図である。

【図2】照明ピンホールを設けていない装置を示す図である。

【図3】光パワー安定装置を備えた装置を示す図である。

【図4】光学要素の実施形態を示す図である。

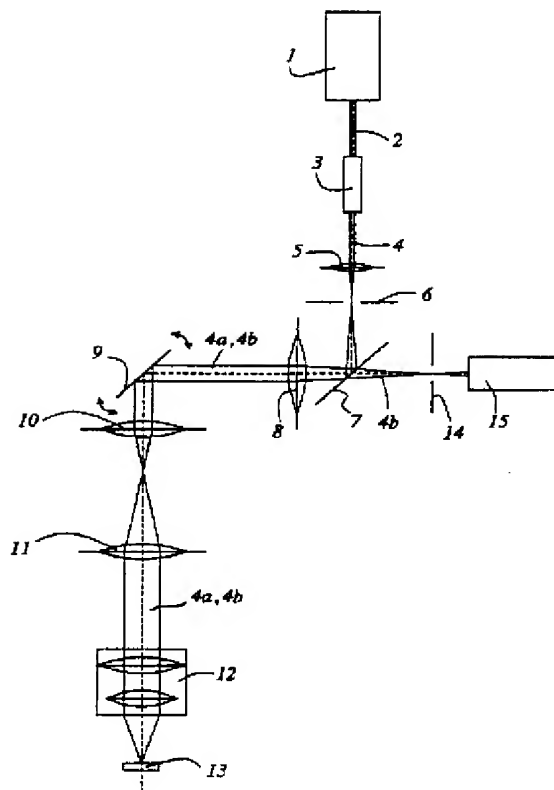
【図5】光学要素の他の実施形態を示す図である。

#### 【符号の説明】

1	パルスレーザ
2	パルス化されたレーザ光線
3	光学要素
4	スペクトル広帯域照明光
4a	平行光線
4b	観察光路
5	光学系
6	照明ピンホール
7	ビームスプリッター
8	光学系
9	スキャンミラー
10	光学系
11	光学系
12	対物レンズ
13	試料
14	検出ピンホール
15	検出器
16	AOTF(acousto optical tunable filter)
17	AOTF制御器

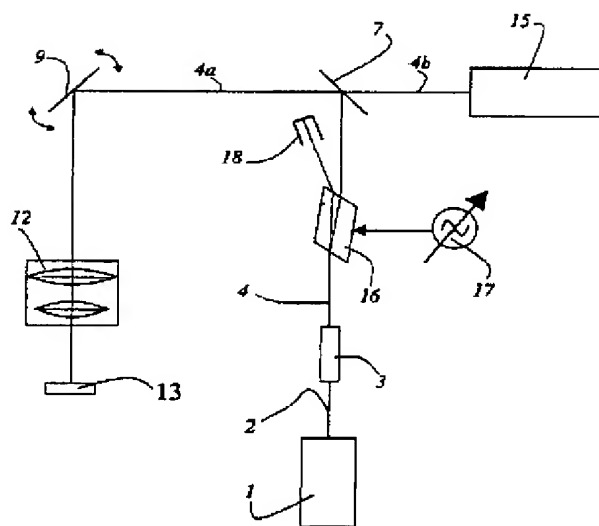
18	7	ビームパン
19	光学系	
20	光ファイバー	
20a	光ファイバーの入口端	
20b	光ファイバーの出口端	
21	光学系	
22	モータ	
23	レボルバー	
24	カラーフィルタ	
25	検出器	
26	電子制御器	
30	ケーブル	

【図1】

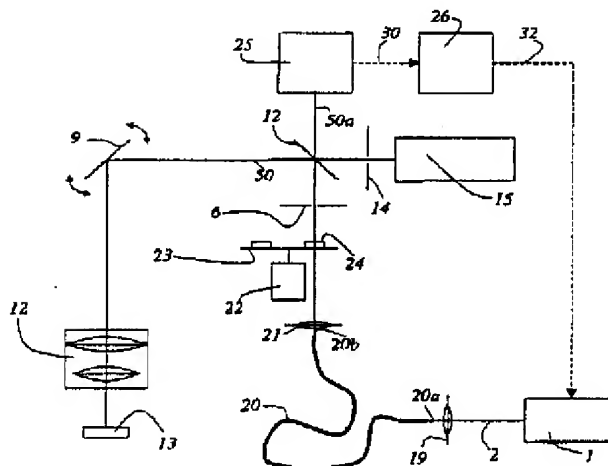


32	8	ケーブル
50	照明光路	
50a	損失光路	
51	光ファイバー	
52	ファイバーコア	
54	ハニカム状微細構造	
55	カニューレ	
56	ガラス細条片	
57	中空空間	
58	第2の領域	
59	第1の領域	

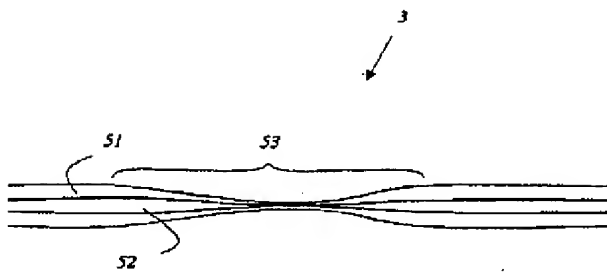
【図2】



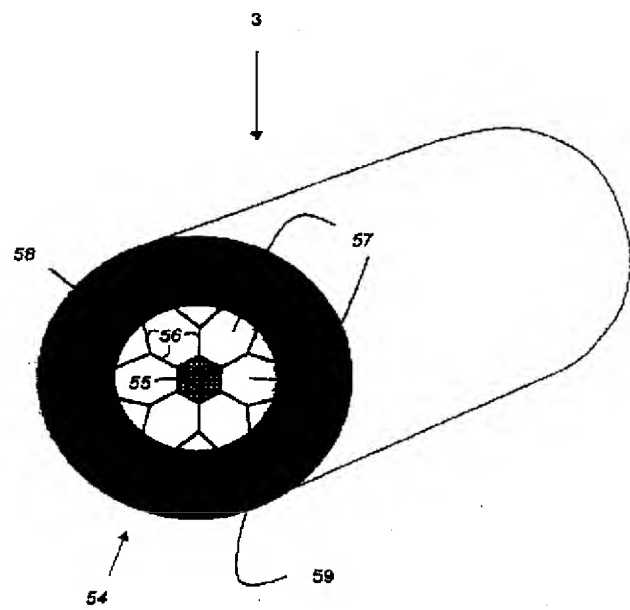
【図3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 ラファエル シュトルツ  
ドイツ連邦共和国 デー・69245 バンメ  
ンタール ライルスハイマーシュトラッセ  
32-1

Fターム(参考) 2H042 AA01 AA07 AA21  
2H050 AC13 AC62 AC83  
2H052 AA07 AC25 AC26 AC27 AC30  
AC34 AD19 AD34 AD35